

ратно пропорциональна температуре, а при более низких температурах зависимость становится более слабой

Большая длительность МК испускания при низких температурах позволила применить для импульсного возбуждения источник стационарного излучения (лампу ДКСШ-1000) в сочетании с вращающимся экраном диаметром 200 мм с прямоугольным отверстием. При ширине отверстия 10 мм, ширине щели монохроматора 1 мм и частоте вращения экрана  $10^4$  об/мин. из стационарного излучения лампы формировался световой импульс с длительностью  $10^{-4}$  с и временем спада от максимальной интенсивности до нулевой  $10^{-5}$  с, что почти на три порядка меньше времени затухания МК свечения  $Tl^{+}$  - центров при 80 К. Такая методика измерений позволила установить, что при возбуждении в области А-полосы поглощения спектр МК импульса излучения содержит полосы с максимумами при 257 и 285 нм, т.е. практически совпадает со спектром стационарной люминесценции. Что касается быстрой компоненты импульса излучения в основной полосе, то ее слабая интенсивность и малая длительность ( $\tau_{БК} < 1,5 \cdot 10^{-8}$  с), сравнимая с временным разрешением измерительной системы, не позволили детально исследовать спектральное распределение излучения. Можно только с уверенностью сказать, что БК излучается в пределах всей основной полосы испускания МК.

Установлено, что свечение в области 310 и 370 нм принадлежит не  $Tl^{+}$  - центрам, а другим типам примесных центров.

Наличие двух подполос в А-полосе поглощения ионов  $Tl^{+}$  в NaF и двух основных полос люминесценции (257 и 285 нм) свидетельствует о том, что возбужденный уровень  ${}^3P_1$  ( ${}^3T_{1u}$ ) иона  $Tl^{+}$  в этом кристалле расщеплен.

Интенсивности длительных компонент в испускании с уровней  ${}^3T_{1u(1)}$  (А<sub>х</sub>-люминесценция) и  ${}^3T_{1u(2)}$  (А<sub>т</sub>-люминесценция) соответственно увеличиваются и уменьшаются при понижении температуры.

Полученные нами результаты (наличие двух компонент свечения с сильно отличающимися  $\tau$ , сильная температурная зависимость  $\tau_{МК}$ , отсутствие БК при комнатной температуре, а также ослабление А<sub>т</sub>-люминесценции при низкой температуре) позволяют заключить, что модель расщепления в поле кубической симметрии хорошо описывается эффектом Яна-Теллера.

## THIN FILM MAGNETOIMPEDANCE SENSOR FOR DETECTION OF STRAY FIELDS IN 3D-CONFIGURATION

S.O. Volchkov<sup>1</sup>, V.N. Lepalovskiy<sup>1</sup>, E. Fernández<sup>1,2</sup>, G.V. Kurlyandskaya<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Laboratory of magnetic sensors, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Dept. Electricidad y Electronica, University of Bascue Country, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [stanislav.volchkov@urfu.ru](mailto:stanislav.volchkov@urfu.ru)

Magnetodynamics of materials with high magnetic permeability is a hot multidisciplinary research area of physics of magnetic phenomena, polymer chemistry and electronics. One of the rapidly growing directions of this field is the giant magnetoimpedance (GMI). Magnetoimpedance phenomenon is the variation of the total impedance of the ferromagnetic conductor under application of the external field [1]. Presently, in the thin film multilayers, which are the most compatible with semiconductor electronics, the achieved sensitivity can be as high as 300%/Oe being sufficient for the detection even very small fields, such as stray fields of superparamagnetic nanoparticles in biomagnetic applications [2]. At the same time the strength of the stray fields of the nanoparticles incorporated in «living» systems are very small and magnetic flux is highly variable in time and space. GMI detectors with single element design are dependent on the angle of the application of an external magnetic field.

In this paper, we have designed, developed and tested the GMI detector consisting of two orthogonal thin film elements with 3D magnetoimpedance response to be close to isotropic.

GMI element  $(\text{FeNi}[x]/\text{Cu}[y])_3/\text{FeNi}[x]/\text{Cu}[500 \text{ nm}]/(\text{FeNi}[x]/\text{Cu}[y])_3/\text{FeNi}[x]$  ( $x = 125 \text{ nm}$ ,  $y = 3 \text{ nm}$ ) was prepared by magnetron sputtering. Easy magnetization axis was formed during the film deposition by the application of the in plane magnetic field oriented under 45-degree angle to the long side of the elongated sensitive element. Magnetic domain structure and hysteresis loops were obtained using Magneto-Optical Kerr Microscope. The total impedance  $Z$  was measured as a function of frequency ( $f=1\text{-}400 \text{ MHz}$ ) and external magnetic field ( $H=0\text{-}100 \text{ Oe}$ ).

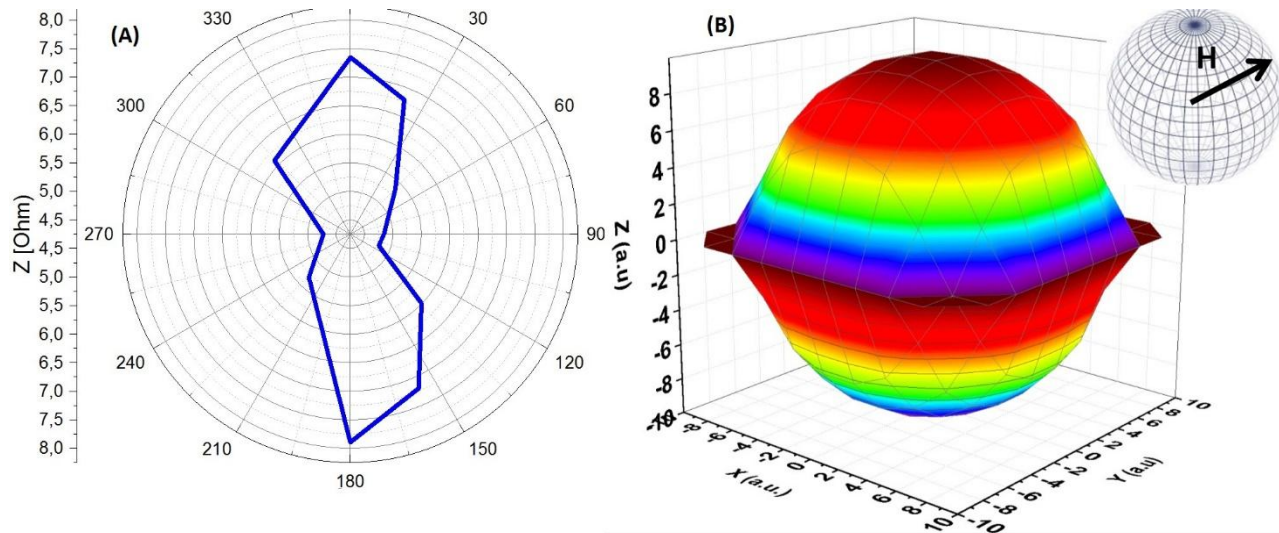


Fig. 1. (A) The experimental angular dependence of an impedance  $Z$  in applied external magnetic field of 7 Oe for single  $(\text{FeNi}/\text{Cu})_3/\text{FeNi}/\text{Cu}/(\text{FeNi}/\text{Cu})_3/\text{FeNi}$  sensitivity element. (B) The modeling function between an impedance and vector of applied magnetic field ( $H$ ) in an arbitrary unit coordinates.

The angular dependence of the impedance and its components of one element was measured for in-plane external magnetic field from 0 to 360 degrees (Fig 1(A)) as the first step. Next, we calculated characteristic impedance in accordance with rules of the parallel connection of two passive elements (not connected in the middle). In this calculation, there was a gradual variation of the angle between the two elements with simultaneous variations of the angle of application of external magnetic field. Then, from this three-dimensional matrix the optimum angle between two elements with best independence on impedance from direction of magnetic field was found. In conclusion, we had a selection from two orthogonal planes for determining the optimum angle for the 3D sensor (Fig (1(B))).

*This work was performed under financial support of The Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project № 2582.*

1. Kurlyandskaya G.V., Cos D., Volchkov S.O. Russian J. Nondestr. Test., 45, 377 (2009).
2. Yuvchenko A.A., Lepalovskii V.N., Vas'kovskiy V.O., et al. Techn. Phys., 59(2), 230 (2014).

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ХОНДРИТА АННАМА H5 МЕТОДАМИ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

КОПЫСОВ А.С., Брусницына Е.В. \*, Петрова Е.В., Гроховский В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [jeka\\_bru@list.ru](mailto:jeka_bru@list.ru)

## **METALLOGRAPHIC COOLING RATE DETERMINATION OF THE ANNAMA H5 HONDRITE**

Kopysov A.S., Brusnitsyna E.V. \*, Petrova E.V., Grokhovsky V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We studied the metallic inclusions structure of the Annama (H5, S1, W0) meteorite fragment by optical and electron microscopy. The different types of the metallic particles were determined. Cloudy zone parameters were used for metallographic cooling rate calculation of the Annama meteorite below 400 °C.

Падение метеорита Аннама было зафиксировано 19 апреля 2014 года на Кольском полуострове недалеко от границы с Финляндией. По нескольким видеозаписям события нашими коллегами из Университета Хельсинки выполнена реконструкция трека падения болида. Метеоритной экспедиции УрФУ совместно с Финской болидной сетью уже через месяц удалось собрать два небольших фрагмента вещества в предсказанной зоне. Позднее метеорит Аннама был классифицирован как обыкновенный хондрит класса H5 (S1, W0) [1].